

27º. Encontro Técnico AESABESP

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA FIBRA DE CARBONO ATIVADO PARA REMOÇÃO DE COMPOSTOS CAUSADORES DE GOSTO E ODOR EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Patrícia Soares Silva⁽¹⁾

Química da Divisão de Tratamento de Água da ETA ABV da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Allan Saddi Arnesen

Engenheiro do Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Jossano Saldanha Marcuzzo

Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Professor de ensino superior da Faculdade de Tecnologia (FATEC) do Estado de São Paulo, São José dos Campos.

Marcelo Kenji Miki

Gerente do Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Wilson Roberto Dias Lopes

Encarregado da Divisão de Tratamento de Água da ETA ABV da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Graham Bell, 647 – Alto da Boa Vista – São Paulo – SP - CEP: 04737-030 - Brasil - Tel: +55 (11) 5682-2935 - Fax: +55 (11) 5682-2966 - e-mail: patriciasilva@sabesp.com.br.

RESUMO

Fibras de carbono ativado (FCA) são conhecidas como excelente material adsorvente pela rápida taxa de adsorção, maior área superficial específica do que o carvão ativado em pó e fácil característica de manuseio. Este trabalho apresenta resultados preliminares de ensaios da aplicabilidade das fibras de carbono ativado no tratamento de água para a remoção de compostos causadores de gosto e odor e comparar seu desempenho com Carvão ativado em pó (CAP). Para isto, realizaram-se ensaios de Jar Test com água do Sistema Produtor Guarapiranga, sistema este que apresenta problemas de gosto e odor de forma sazonal.

PALAVRAS-CHAVE: água de abastecimento, gosto e odor, fibra de carbono ativado.

INTRODUÇÃO

Uma das consequências das ocorrências de florações de algas nos mananciais de abastecimento é a formação de substâncias orgânicas dissolvidas causadoras de gosto e odor à água (DI BERNARDO et al., 2010). As substâncias orgânicas responsáveis pelos eventos de gosto e odor na água são o 2-metilisoborneol (MIB) e a trans-1,10-dimetil-trans-9-decalol (geosmina) (Figura 1).

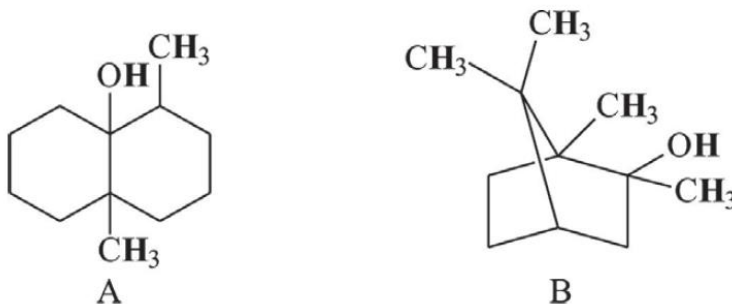


Figura 1: Estrutura química de geosmina (A) e 2-metilisoborneol (B).
Fonte: Freitas et al. (2008).

Estas substâncias podem ser percebidas pela população abastecida a níveis de concentração muito baixos (9-42 ng/L para MIB e 4-10 ng/L para a geosmina; SUNG et al., 2005; WATSON et al., 2000), embora não existam padrões reguladores destas substâncias na legislação brasileira (Portaria MS nº 2914/2011).

A Sabesp adota a alternativa de aplicação de carvão ativado em pó para tratamento dos episódios sazonais de gosto e odor nas águas. O carvão ativado é dosado no ponto de captação da Represa Guarapiranga, na sucção das bombas de recalque de água bruta para garantir um tempo de contato com a água de aproximadamente 30 a 40 minutos.

O carvão é aplicado na forma de uma suspensão (com concentração em torno de 15 a 18% de sólidos) em água. Uma vez que o processo de adsorção acontece em meio aquoso e, para que não haja a interferência do ar abrigado nos poros dos grãos de carvão, a preparação da suspensão é feita com aplicação de vácuo, possibilitando expulsar o ar dos microporos e preenchê-los com água. A dosagem alvo é sempre de 20 mg/L na ocorrência de eventos de gosto e odor.

Entretanto, como o princípio de tratamento com carvão ativado é físico (preenchimento de poros) e ele é aplicado à água bruta (com grande quantidade de materiais orgânicos), a eficiência deste processo não é satisfatória. A experiência de aplicações de carvão ativado no Sistema Guarapiranga demonstrou que a eficiência de remoção de MIB e geosmina é de aproximadamente 50%, incapaz de tornar o gosto e odor da água imperceptível à população.

Assim, tecnologias mais eficientes para remoção de MIB e Geosmina da água tem sido alvo de estudos pela Sabesp, como as pesquisas de Processos Oxidativos Avançados (POAs).

Este trabalho propõe-se a investigar a eficiência da tecnologia de Fibra de Carbono Ativado (FAC). As fibras de carbono ativado possuem poros estruturais bem definidos nas suas superfícies, com área superficial específica de aproximadamente 1.300 m²/g (enquanto que para o carvão ativado oscila entre 600 e 1.200 m²/g), que fornece uma alta e rápida capacidade de adsorção de componentes específicos (a cinética de adsorção é mais rápida).

Neste contexto, o presente trabalho apresenta testes com alguns tipos de fibras de carbono ativado objetivando a remoção de MIB da água do Sistema Produtor Guarapiranga.

OBJETIVO

Avaliar o potencial da tecnologia de adsorção com fibra de carbono ativado para remoção de gosto e odor da água de abastecimento, por meio de testes realizados em bancada no laboratório da ETA RJCS (ABV).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes foram realizados na ETA ABV, a qual trata a água do Sistema Produtor Guarapiranga. Este Sistema iniciou sua operação em 1929, com a implantação da ETA Theodoro Ramos (já desativada), tendo ampliado sua capacidade em 1958 com a construção da ETA Alto da Boa Vista (ABV).

A vazão atual da ETA é de 16 m³/s, sendo o segundo maior sistema produtor da Região Metropolitana de São Paulo. A expansão urbana não controlada, desde 1970, resultou na alteração da qualidade da água da represa Guarapiranga, devido à introdução de altas cargas orgânicas e de nutrientes oriundas dos esgotos, levando ao rápido avanço do estado de eutrofização e ocorrências de florações de algas em suas águas.

Testes em bancada (jartestes) foram realizados com diferentes tipos de fibras de carbono ativado utilizando água sintética (água ultrapura com padrão de MIB) e água bruta com adição de padrão de MIB. Os detalhes dos testes estão apresentados nos subitens a seguir.

Teste 1: diferentes tipos de fibra de carbono ativado

- **Objetivo:** identificar dentre 7 (sete) tipos de fibra de carbono ativado qual apresenta a maior eficiência de remoção de MIB da água;

- **Método:**

- Teste com água sintética (água ultrapura + padrão de MIB):

- Preparou-se uma solução cuja concentração final alvo era de 800 ng/L de MIB (Branco, usado como referência), partindo de solução padrão de MIB de 12 ppm;
- Foram testados sete tipos diferentes de fibra de carbono ativado (Tabela 1);

PONTO	TIPO DE FCA	MASSA ADICIONADA DE FCA (mg)
JARRO 1	Vermelho-5	43,6
JARRO 2	Vermelho-10	42
JARRO 3	Vermelho-30	42,2
JARRO 4	Azul-5	40,6
JARRO 5	Azul-10	42,2
JARRO 6	Azul-30	43,5
JARRO 7	Feltro	40,2

Tabela 1: Tipos de Fibra de Carbono Ativado utilizadas no teste com água sintética.

- Estes materiais foram aplicados em jarros de 2 litros em uma dosagem de ≈ 20 mg/L, onde permaneceram em reação com a água a uma agitação de 150 rpm durante 60 minutos;
 - Foram coletadas amostras do branco e dos efluentes dos jarros (centrifugados para remoção de todo material sólido) para realização de análise da concentração de MIB nestas amostras e estimativa da eficiência de remoção.
- Teste com água bruta + padrão de MIB:
 - A água bruta foi coletada no dia do teste (10/12/2015), às 8:00h, no ponto de captação (GU001) onde ainda não recebeu nenhum tipo de material de tratamento;
 - Preparou-se uma solução cuja concentração final alvo era de 800 ng/L de MIB, (Branco, usado como referência);
 - Foram testados os mesmos sete tipos de fibra de carbono ativado do teste anterior (Tabela 2);
 - Os materiais foram aplicados em jarros de 2 litros em uma dosagem de ≈ 20 mg/L, onde permaneceram em reação com a água a uma agitação de 150 rpm durante 60 minutos;
 - Foram coletadas amostras do branco e dos efluentes dos jarros (centrifugados para remoção de todo material sólido) para realização de análise da concentração de MIB nestas amostras e estimativa da eficiência de remoção;

PONTO	TIPO DE FCA	MASSA ADICIONADA DE FCA (mg)
JARRO 1	Vermelho-5	43,1
JARRO 2	Vermelho-10	42,1
JARRO 3	Vermelho-30	41,2
JARRO 4	Azul-5	41,5
JARRO 5	Azul-10	42,5
JARRO 6	Azul-30	41,5
JARRO 7	Feltro	41,2

Tabela 2: Tipos de Fibra de Carbono Ativado utilizadas no teste com água bruta + padrão de MIB.

- Neste teste, também foram analisados os parâmetros Cor Verdadeira e Nitrogênio Amoniacal para avaliar a capacidade de redução destes parâmetros pelos variados tipos de FCA.

Teste 2: comparação da Fibra de carbono ativado tipo Feltro com o CAP

• Objetivos:

- Comparar a eficiência de remoção de MIB em água de abastecimento utilizando Fibra de carbono ativado tipo do Feltro e Carvão Ativado em Pó (CAP), produto atualmente utilizado pela Sabesp durante eventos de gosto e odor na água;
- Avaliar o efeito da variação de dosagens dos dois produtos testados (Feltro e CAP).

• Método:

- Teste com água bruta: neste teste foi utilizada água bruta coletada no ponto GU001, onde ainda não foram adicionados produtos químicos. A escolha de realizar o teste com água bruta nesta fase foi motivada pela intenção de comparar com o método atual de remoção de gosto e odor (CAP aplicado na captação);
- Preparação de soluções de Carvão Ativado em Pó (CAP) e Feltro: foram preparadas duas soluções com concentração de 5 g/L, nas mesmas condições, seguindo o procedimento conforme descrito:
 - As vidrarias separadas e destinadas para as pesagens foram todas lavadas com solução detergente Extran e secas em estufa à 100°C por 4 horas. Em seguida, ficaram em dessecador até o momento da pesagem;
 - As amostras foram pesadas em balança analítica AB-204, diretamente nos erlenmeyers de 250 mL. Para tanto, pesou-se 2,5 g de Carvão ativado em pó (para preparo de solução em balão de 500 mL) e 1,25g de feltro (para preparo de 250 mL de solução);
 - No próprio erlenmeyer onde foram pesadas as amostras de CAP e Feltro, foram adicionados alguns mL de água ultrapura apenas para molhar as amostras (que estavam em pó), e em seguida, submetidas a 15 minutos de vácuo;
 - Após os 15 min as amostras foram transferidas para os respectivos balões volumétricos e avolumadas (Figura 2).

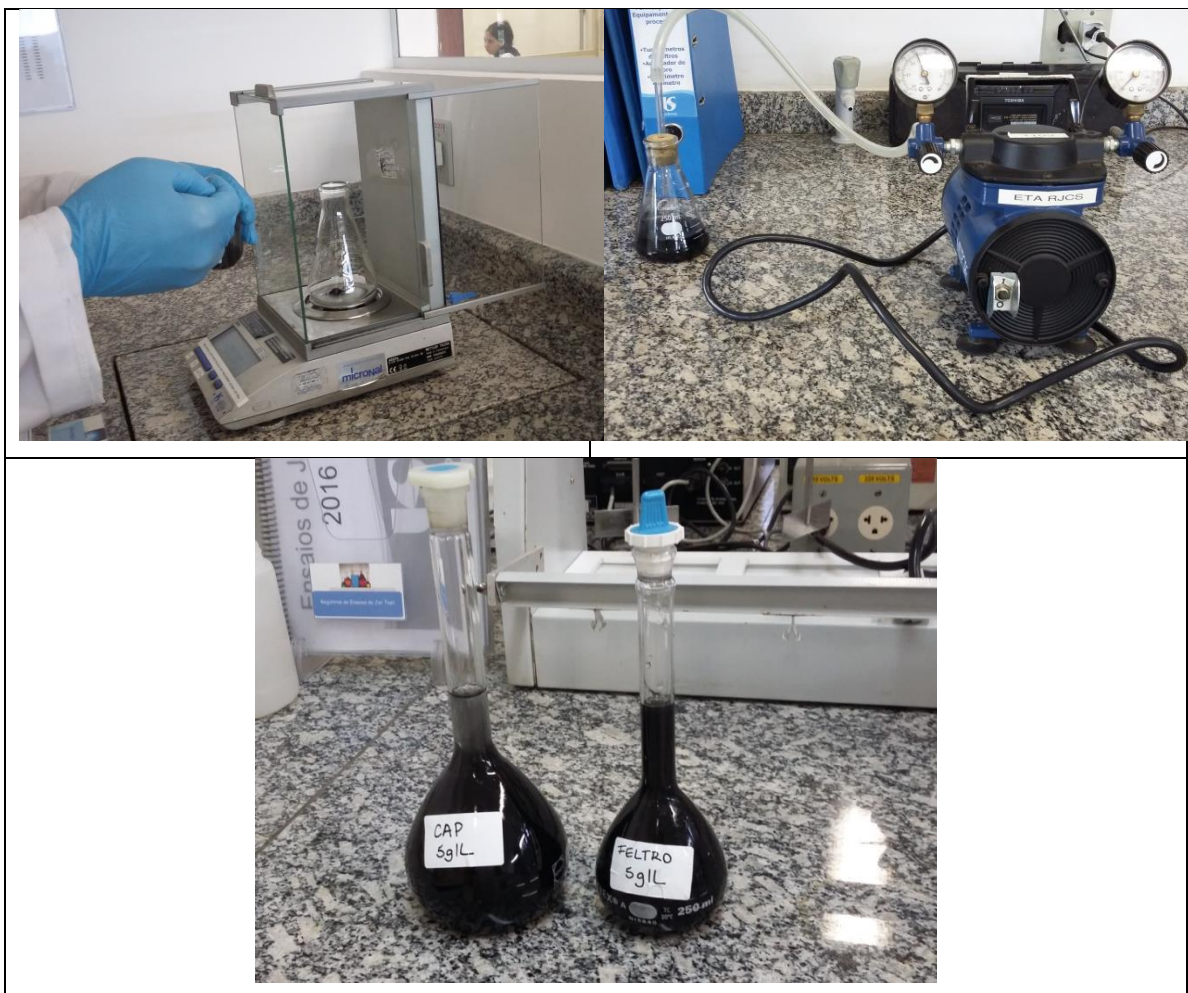


Figura 2: Etapas de preparação das soluções de CAP e Feltro.

○ Jarteste:

- Em um recipiente de 20 litros foi adicionado o volume de padrão de MIB necessário para que a água atinja uma concentração de aproximadamente 200 ng/L. Partiu-se de um padrão de MIB com concentração de 12 ppm;
- O teste foi realizado em um equipamento Jarteste, composto por seis jarros submetidos às mesmas condições hidráulicas (volume, geometria e agitação), com as dosagens de 10, 20 e 40 mg/L de Feltro nos 3 primeiros jarros e as mesmas dosagens de CAP nos 3 últimos jarros;
- Após a aplicação do produto, os jarros foram mantidos à agitação de 150 rpm por 120 minutos, sendo realizadas coletas de amostras nos tempos 40 min (tempo que a água bruta leva para chegar do ponto de captação à ETA) e 120 min. A Figura 3 apresenta a configuração proposta para o 2º teste de remoção de MIB com fibra de carbono ativado; e
- As amostras coletadas foram filtradas em membranas de 0,45µm com auxílio de bomba de vácuo (Figura 4), e em seguida acondicionadas em frascos em duplicata para realização de análises de MIB. Também foram coletadas amostras para análise de MIB da água bruta e da água bruta com MIB (referência para cálculo de eficiência do teste).

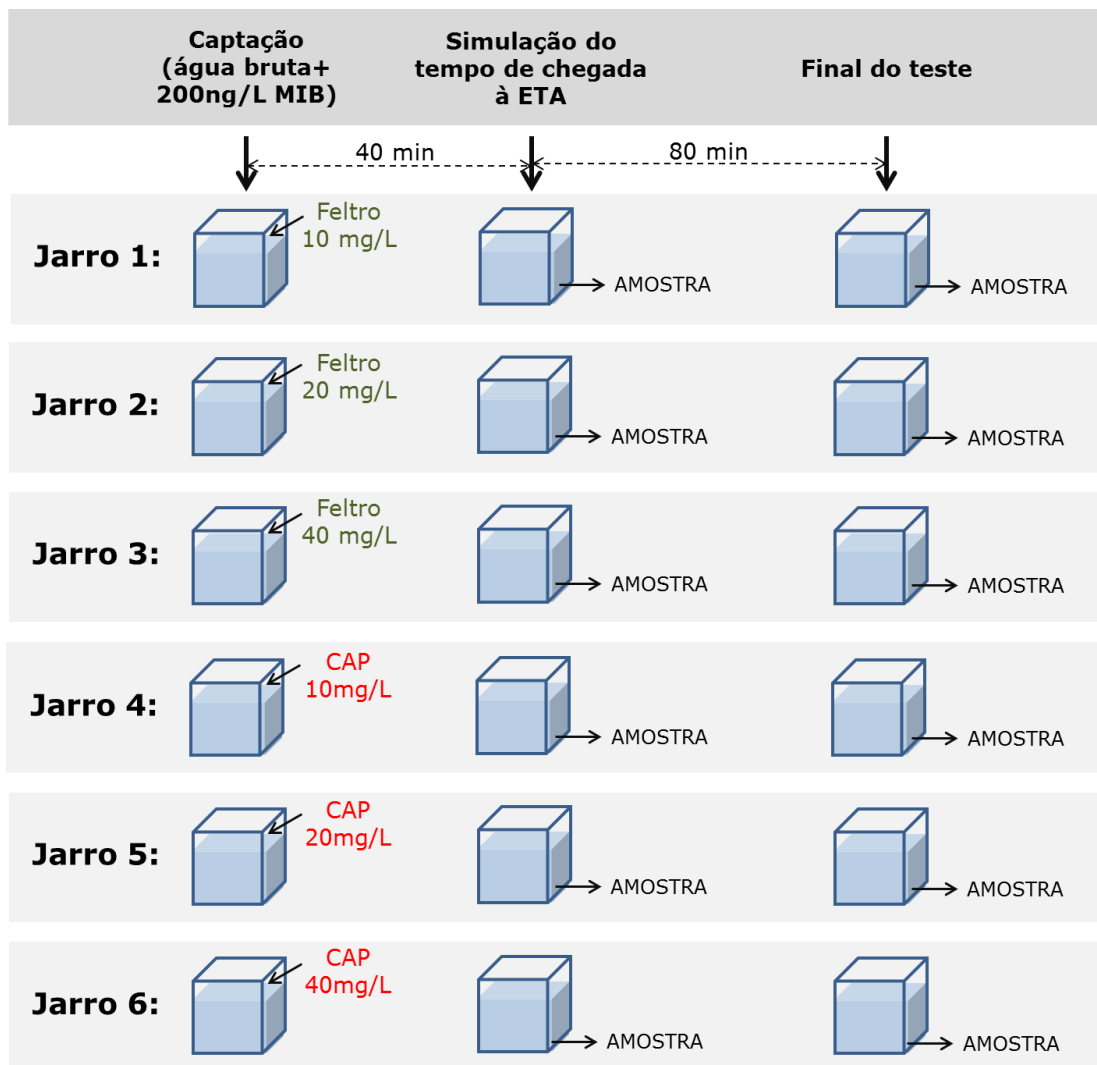


Figura 3: Configuração do 2º Jarteste com Fibra de Carvão Ativado.

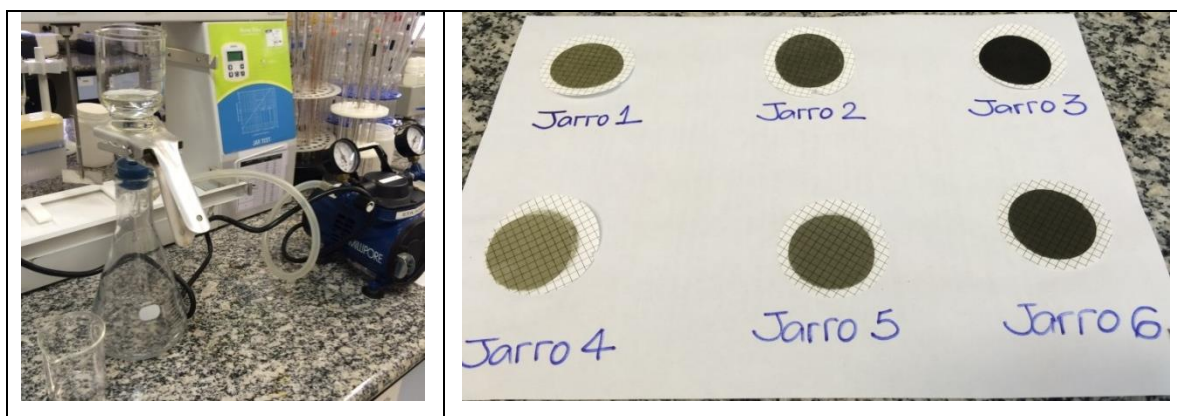


Figura 4: Filtração das amostras em membranas de 0,45 µm.

RESULTADOS

Teste 1: diferentes tipos de fibra de carbono ativado

- Teste com água sintética (água ultrapura + MIB): o teste com água sintética demonstrou que um dos tipos de FCA apresenta uma capacidade muito superior aos demais de remover o MIB. Conforme se pode verificar na Tabela 3, o Feltro apresentou uma eficiência de remoção de MIB de aproximadamente 90%, enquanto que para os demais tipos de FCA a eficiência oscilou entre 26 e 36%.

PONTO	TIPO DE FCA	MASSA ADICIONADA DE FCA (mg)	TEMPO DE CONTATO (MIN)	MIB (ng/L)	REMOÇÃO DE MIB (%)
Branco (Ultrapura+ MIB)	-	-	≈20 min	729	-
JARRO 1	Vermelho-5	43,6	60 min	535	26,6%
JARRO 2	Vermelho-10	42	60 min	530	27,3%
JARRO 3	Vermelho-30	42,2	60 min	506	30,6%
JARRO 4	Azul-5	40,6	60 min	512	29,8%
JARRO 5	Azul-10	42,2	60 min	464	36,4%
JARRO 6	Azul-30	43,5	60 min	513	29,6%
JARRO 7	Feltro	40,2	60 min	75	89,7%

Tabela 3: Resultados do teste com sete tipos de FCA em água ultrapura com MIB.

- Teste com água bruta: no teste com água bruta e padrão de MIB também se verificou que o Feltro possui uma maior capacidade de remoção de MIB em relação aos demais tipos de fibra de carbono ativado. Contudo, devido à maior variedade de componentes presentes na água, a eficiência do Feltro para remoção de MIB foi de aproximadamente 50%, enquanto que para os demais tipos de FCA a eficiência oscilou entre 19 e 27% (Tabela 4).

PONTO	TIPO DE FCA	MASSA ADICIONADA DE FCA (mg)	TEMPO DE CONTATO (MIN)	MIB (ng/L)	REMOÇÃO DE MIB (%)
Água Bruta (GU001)	-	-	-	6,7	-
Branco (GU001+ MIB)	-	-	≈20 min	720	-
JARRO 1	Vermelho-5	43,1	60 min	557	22,6%
JARRO 2	Vermelho-10	42,1	60 min	568	21,1%
JARRO 3	Vermelho-30	41,2	60 min	540	25,0%
JARRO 4	Azul-5	41,5	60 min	580	19,4%
JARRO 5	Azul-10	42,5	60 min	531	26,3%
JARRO 6	Azul-30	41,5	60 min	524	27,2%
JARRO 7	Feltro	41,2	60 min	361	49,9%

Tabela 4: Resultados do teste com sete tipos de FCA em água bruta com MIB.

Também se verificou que nenhum dos tipos de FCA testados apresentou redução significativa dos parâmetros cor verdadeira e nitrogênio amoniacal, conforme Tabela 5.

PONTO	COR VERDADEIRA (uC)	REMOÇÃO DE COR VERDADEIRA (%)	NITROGÊNIO AMONICAL (mg/L)	REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONICAL (%)
ÁGUA BRUTA (GU001)	-	-	0,31	-
BRANCO (GU001+ MIB)	9,3	-	-	-
JARRO 1	8,0	14,0%	0,31	0,0%
JARRO 2	7,6	18,3%	0,29	6,5%
JARRO 3	7,8	16,1%	0,31	0,0%
JARRO 4	9,1	2,2%	0,37	0,0%
JARRO 5	8,4	9,7%	0,33	0,0%
JARRO 6	8,0	14,0%	0,35	0,0%
JARRO 7	8,0	14,0%	0,37	0,0%

Tabela 5: Resultados de remoção de cor verdadeira e nitrogênio amoniacal com sete tipos de FCA e água bruta.

Teste 2: comparação da Fibra de carbono ativado tipo Feltro com o CAP

- Concentrações iniciais de MIB (água bruta e água bruta+MIB):
 - Água bruta = 46 ng/L;
 - Água bruta+MIB = 208 ng/L.
- Eficiência de remoção de MIB: a Tabela 6 e as Figuras 5 a 7 apresentam os resultados de concentração de MIB e eficiência de remoção deste composto observado no teste para 40 e 120 minutos com Feltro e CAP;

Produto	Dosagens (mg/L)	40 min		120 min	
		Concentração de MIB (ng/L)	REMOÇÃO Eficiência (%)	Concentração de MIB (ng/L)	REMOÇÃO Eficiência (%)
Feltro	10	141	32%	109	48%
Feltro	20	121	42%	95	54%
Feltro	40	74	64%	46	78%
CAP	10	145	30%	128	38%
CAP	20	135	35%	112	46%
CAP	40	123	41%	105	50%

Tabela 6: Resultados do Teste 2 comparativo entre Feltro e CAP para três dosagens: 10, 20 e 40 mg/L.

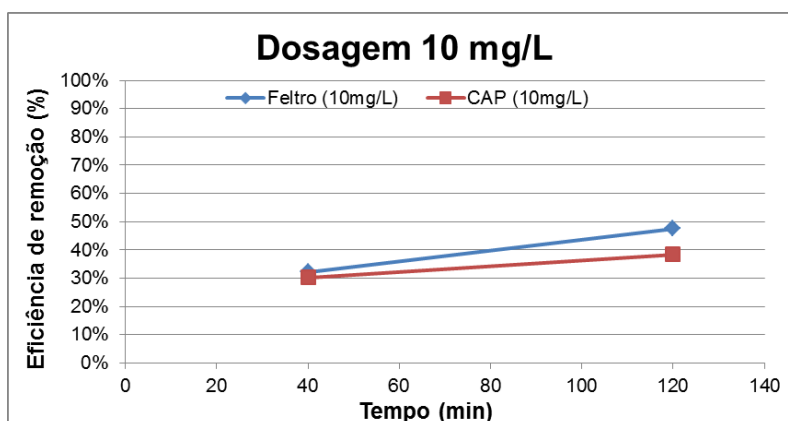


Figura 5: Eficiência de remoção de MIB da água bruta+MIB com uma dosagem de 10 mg/L nos tempos de 40 e 120 minutos.

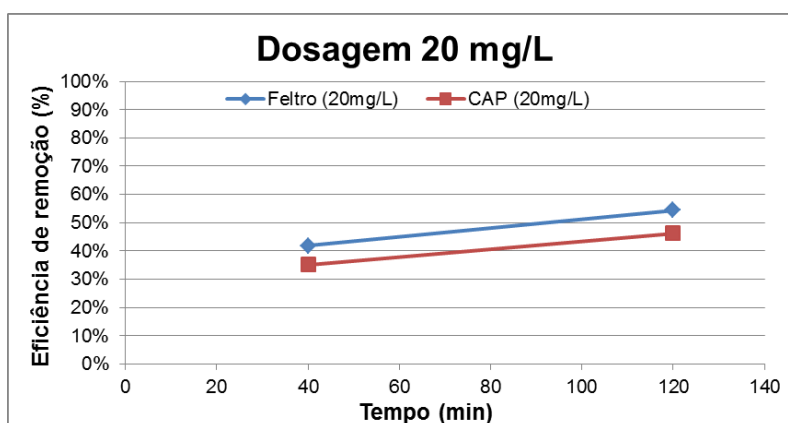


Figura 6: Eficiência de remoção de MIB da água bruta+MIB com uma dosagem de 20 mg/L nos tempos de 40 e 120 minutos.

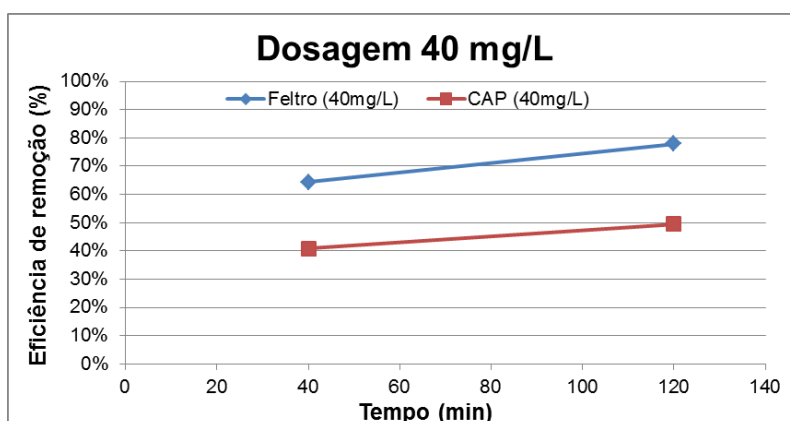


Figura 7: Eficiência de remoção de MIB da água bruta+MIB com uma dosagem de 40 mg/L nos tempos de 40 e 120 minutos.

- Observou-se neste teste:
 - Pouca diferença entre as dosagens de 10 e 20 mg/L, enquanto que para a dosagem de 40 mg/L a eficiência atingiu o patamar de aprox. 80% de remoção para o Feltro;
 - O Feltro apresentou eficiência de remoção superior ao CAP, sendo a diferença entre as eficiências maior quando o tempo de contato era maior (120 min), conforme se pode verificar na Tabela 7;

Dosagem (mg/L)	40 min	120 min
10	2%	9%
20	7%	8%
40	24%	28%

Tabela 7: Diferenças de eficiência de remoção entre Feltro e CAP para as dosagens (10, 20 e 40 mg/L) e tempos (40 e 120 min) testados.

CONCLUSÃO

A partir dos testes realizados e os resultados de remoção de MIB obtidos podemos concluir que:

- O uso da fibra de carbono ativado no mesmo ponto de dosagem (captação) onde se dosa carvão ativado em pó no Sistema Guarapiranga já apresentou melhores remoções de MIB;
- Para os parâmetros Cor Aparente e Nitrogênio Amoniacal as remoções não foram significativas com nenhum tipo de fibra de carbono ativado testada;
- Houve excelente remoção de MIB em água sintética quando se utilizou a FAC tipo feltro e mesmo esta remoção tendo sido reduzida no teste com água bruta (onde existem outros interferentes), ainda assim foi superior às remoções dos demais tipos de FAC e do CAP;
- Há necessidade de se testar outras possibilidades de dosagem deste material em diferentes etapas do tratamento convencional baseado nos testes com diferentes tempos de contato já realizados (maior remoção de MIB quando houve maior tempo de contato).

PRÓXIMOS PASSOS

- Prosseguimento dos testes com fibra de carbono ativado tipo feltro partindo de maiores concentrações iniciais de MIB (simulação de evento de gosto e odor);
- Testar o uso da fibra de carbono ativado tipo Feltro em outros pontos do tratamento, além da captação;
- Testar a fibra de carbono feltro no formato malha (os testes realizados foram com pó).

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem a toda equipe da ETA envolvida no trabalho, especialmente: Angelino Aniello Saullo, Janaina Marinho dos Santos, Wilson Luiz Oliveira, Mariana Bailão Dias, toda a equipe técnica do laboratório de análises especiais da divisão MARG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DI BERNARDO, L., MINILLO, A., DANTAS, A.D.B. “Florações de algas e de cianobactérias: suas influências na qualidade da água e nas tecnologias de tratamento”. Editora LDiBe Ltda., São Carlos, 536p., 2010.
2. FREITAS, A.M., SIRTORI, C., PERALTA-ZAMORA, P.G. “Avaliação do potencial de processos oxidativos avançados para remediação de águas contaminadas com geosmina e 2-MIB”. Química Nova, vol. 31, n.1, p.75-78, 2008.
3. SUNG, Y., LI, T., HUANG, S. “Analysis of earthy and musty odors in water samples by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography/ion trap mass spectrometry”. Talanta, vol. 65, p. 518-524, 2005.
4. WATSON, S.B., BROWNLEE, B., SATCHWILL, T., HARGESHEIMER, E.E. “Quantitative analysis of trace levels of geosmin and MIB in source and drinking water using headspace SPME”. Water Research, vol. 34, n.10, p.2818-2828, 2000.